

스마트 웨어러블 디바이스를 이용한 모바일 기반 사용자 피로도 측정 시스템 개발

김나연¹ · 김동근^{2*}

Development of mobile user fatigue measurement system using smart wearable device

Na Yeon Kim¹ · Dong Keun Kim^{2*}

¹Department of Mobile Software, Graduate School, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

^{2*}Department of Intelligent Engineering Informatics for Human, College of Convergence Engineering,
Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

요 약

최근 건강관리에 대한 관심이 높아지면서 건강상태를 모니터링 하기 위한 스마트 웨어러블 디바이스가 활용되어 오고 있다. 본 논문에서는 스마트 웨어러블 디바이스와 연동된 피로도 측정 시스템을 개발하였다. 충분히 휴식을 취하면 회복되는 신체적인 피로도와는 달리 정신적인 피로도는 일의 능률이나 집중력을 떨어트릴 수 있으므로 측정을 통해 정신 건강 상태를 모니터링 할 수 있다. 본 시스템은 스마트 웨어러블 디바이스에서 계속한 데이터를 스마트폰으로 전송하고 정신적인 피로도를 계산해주는 기능을 제공한다. 피로도를 측정하기 위한 피로도 인덱스를 개발하여 1부터 5까지의 수치로 표현하였다. 또한 피로도 계산 결과와 설문조사 결과와 비교하여 독립표본 t-검정을 실시한 결과 통계적으로 유의한 값이 나왔다. 본 시스템은 사용자들이 건강을 효율적으로 관리하는 데에 활용될 것이다.

ABSTRACT

Recently, smart wearable devices for monitoring health status have been utilized as interest in health care has increased. In this paper, we developed a fatigue measurement system that works with smart wearable devices. Unlike physical fatigue that is restored when you take enough rest, mental fatigue can decrease the efficiency or concentration of work, so you can monitor your mental health status through measurements. This system provides the function to transmit the measured data from the smart wearable device to the smartphone and to calculate the mental fatigue. A fatigue index was developed to measure fatigue and expressed as a number from 1 to 5. In addition, the results of the fatigue calculation and the survey were compared with the results of the independent sample t-test. Therefore, this system will be used to help users manage their health efficiently.

키워드 : 피로도, 피로도 측정, 스마트워치, 스마트 웨어러블 디바이스

Key word : Fatigue, Fatigue measurement, Smart watch, Smart wearable device

Received 18 July 2017, Revised 24 July 2017, Accepted 05 September 2017

* Corresponding Author Dong Keun Kim(E-mail: dkim@smu.ac.kr, Tel:+82-2-2287-5431)

Department of Intelligent Engineering Informatics for Human, College of Convergence Engineering, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

Open Access <https://doi.org/10.6109/jkiice.2017.21.12.2357>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아지면서 건강상태를 사용자가 직접 측정할 수 있는 애플리케이션이 개발되고 있다. 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간, 스트레스 수준, 혈압, 소비열량(칼로리) 등 측정정보도 다양하다[1]. 기존 연구에 따르면 걸음 수, 심장 박동 수, 소비 열량, 수면 시간 등을 수치로 확인할 수 있는 스마트 웨어러블 디바이스가 있다. 스마트 웨어러블 디바이스란 몸에 착용하거나 부착하는 스마트 디바이스이다. 밴드, 워치, 안경, 바지 등 형태도 다양하다[2,3].

본 연구에서는 스마트 웨어러블 디바이스를 활용해서 피로도를 측정하는 시스템을 개발하였다. 피로도란 피로를 느끼는 정도를 일컫는데 신체적 피로도와 정신적 피로도가 있다. 신체적 피로도는 심한 운동이나 일을 했을 때 느끼는 근육의 피로도로 휴식을 충분히 취하면 쉽게 회복될 수 있다. 정신적 피로도는 공부나 일을 할 때 오랫동안 머리를 많이 사용하거나 주위 환경, 분위기에 대해서 긴장이나 불안감이 오랫동안 지속 되었을 때 나타나는 피로도를 말한다[4]. 신체적으로 피로한 경우 휴식을 충분히 취하면 쉽게 회복될 수 있지만 정신적으로 피로한 경우 일상생활의 능률이나 집중력이 떨어지고 건강에 안 좋은 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 스마트 웨어러블 디바이스와 스마트폰을 이용하여 정신적 피로도를 측정하고 수치로 나타내고자 한다. 정신적 피로도를 측정하기 위해서 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간을 활용한다. 안정 시 심장 박동 수가 낮을수록 건강하다고 할 수 있으며 덜 피곤함을 느낀다. 또한 걸음 수가 낮을수록, 수면 시간이 길수록 덜 피곤함을 느낀다[5]. 피로도 측정을 통해 개인의 활동량을 모니터링하거나 건강상태를 확인할 수 있다. 또한 피로도를 수치로 나타내어 건강을 효율적으로 관리하는 방법을 찾는 데 유용할 것이다.

본 연구에서 제안하는 시스템을 이용해 피로도를 측정하는 경우 사용자들의 심장 박동 수, 걸음 수, 수면시간 데이터가 필요하다. 스마트 워치를 사용해 데이터를 측정하고 스마트폰에서 데이터를 획득한다. S-Health는 Partner App을 개발할 수 있도록 API를 제공하고 있다 [6]. S-Health API는 사용자들의 심장 박동 수, 걸음 수, 수면시간 데이터가 저장되어 있는 Health Data Store를 가진다. Health Data Store에 접근하여 DB에 저장된 사

용자들의 심장 박동 수, 걸음 수, 수면시간 데이터를 사용할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 심장 박동 수, 걸음 수, 수면시간 데이터를 사용하여 정신적 피로도를 계산해 수치로 나타내어서 언제 휴식을 취해야 하는지 파악할 수 있고 건강을 쉽게 관리할 수 있도록 하였다.

II. 관련 연구

2.1. 스마트 웨어러블 디바이스

최근 개인의 건강 상태를 모니터링 하는데 스마트 웨어러블 디바이스가 활용되어오고 있다.

첫 번째로 걸음 수, 이동거리, 심장 박동 수, 칼로리 소모량 등 기본적인 운동 데이터를 측정하고 수면 모니터 기능도 가능한 스마트 밴드가 있다[7]. 그 중 37 스마트 밴드는 만보계와 수면 패턴 분석 기능을 기본으로 착용자의 혈압, 심박, 호흡, 감정, 피로 등 5개 항목을 매 시간마다 측정해 준다. 온화, 흥분, 불안, 비관, 우울 등 5단계로 기분 변화를 측정하고 이에 대한 설명도 볼 수 있다. 신체 측정수치를 기본으로 분석하여 피로와 감정까지도 확인할 수 있는 장점이 있다[8]. 하지만 매 시간마다 측정해 주어서 배터리 사용시간이 짧으며 구체적인 데이터를 확인하려면 스마트폰 애플리케이션을 연동해서 확인해야 한다는 제한점이 있다. 본 연구에서 제안하는 시스템은 스마트 워치에서 직접 데이터를 측정, 확인할 수 있고 사용자가 원하는 시간에 측정할 수 있다.

다음으로 스마트 워치이다. 스마트 워치는 일반 시계보다 향상된 기능들을 장착하고 있는 임베디드 시스템 손목시계를 말하는데 스마트폰과 쌍방향 통신이 가능하고 스마트폰의 기능을 컨트롤할 수 있다[9]. 스마트폰 없이도 자체적으로 활동 데이터를 확인할 수 있으며 전화를 받거나 걸 수 있으며 문자와 SNS 확인, 날씨 등의 정보를 얻을 수 있다. 또한 사용자의 활동 상태에 따라 움직임을 권장하며 피트니스 데이터를 기록해준다. 측정된 데이터를 통해 운동량을 분석할 수 있으며 개인의 건강 상태를 확인할 수 있다[10]. 본 논문에서 사용한 스마트 워치는 별도의 앱 없이도 자체적으로 걸음수를 측정하고 뒷면에 심박 측정용 센서가 있어서 사용자의 심박을 측정할 수 있다. 또한 무선 충전이 가능하며 IP68 인증을 받은 방수방진 기능을 가지고 있다. 그러

나 기본 제공되는 전용 무선충전기 패드 이외에 다른 무선 충전기로는 충전이 잘 되지 않으며 스마트 워치를 여러 장소에 두려면 별도의 전용 무선충전기패드를 구매해야 한다는 단점이 있다[10]. 스마트 밴드는 디스플레이 크기가 작아서 정보 확인이 제한적이다. 또한 스마트 폰으로 연동해야만 여러 종류의 데이터를 확인할 수 있다. 하지만 스마트 워치는 스마트 폰과 쌍방향 통신이 가능하고 스마트 폰의 기능을 컨트롤하거나 앱의 설치 등으로 추가 기능을 부여할 수 있다. 또한 원형 휠 UX로 사용 편의성이 뛰어나며 NFC로 교통카드 기능까지 갖추어 더욱 편리하다[10].

마지막으로 안경형 웨어러블 디바이스가 있다. 안경이지만 카메라, 스피커, 액징 등이 있는 스마트 안경이다[11]. 그 중 일본의 안경체인인 'JINS'를 운영하는 제이아이엔은 안구전도(EOG, electrooculogram) 센서를 이용하여 사람의 눈동자 움직임을 트래킹하여 사람의 감정과 몸의 상태를 확인할 수 있는 안경을 개발했다[12]. 획득한 안구의 움직임을 분석하여 눈의 긴장도와 피로도를 알 수 있고, 이를 통해 착용한 사람의 상태를 분석하는 것이다[12]. 사람은 피곤할 때 눈을 자주 깜빡이고 안구의 움직임이 느리고 처진다. 반면 작업, 운동, 업무 등 일을 하게 되면 안구의 움직임도 빨라지고 다양한 변화를 보이게 된다[13]. 눈의 움직임의 변화를 통해서 신체와 정신의 피로도를 산출 할 수 있다. 그러나 평소 안경을 착용하지 않는 사용자에게는 불편할 수 있으며 수면을 취할 시에는 안경을 착용하지 않기 때문에 수면 시간을 측정할 수 없다는 단점이 있다. 또한 신체와 정신의 피로도를 어떻게 산출하고 어떤 형식으로 표현하는지 구체적으로 제공하지 않는다. 본 연구에서는 사전에 기록한 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간 데이터를 수치화하여 피로도 계산 식을 설정하였고 피로도 인덱스를 적용해 정신적 피로도를 수치로 나타내었다.

아래 표 1은 스마트 워치와 스마트 밴드, 스마트 안경의 측정 가능한 데이터 및 특징을 나타낸 것이다 [8,10,13].

Table. 1 Smart Watch and Smart Band Feature

	Smart Watch	Smart Band	Smart Glasses
OS	Tizen	Android	iOS
Size	49.8×42.3×11.4 mm	21.83×49.59 mm	Wellington model

Network	Bluetooth 4.1, NFC	Bluetooth 4.0	Bluetooth 4.0
Dust/ Water proof	IP68	IP54	-
Measure Heart rate	O	O	O
Measure Step Count	O	O	O
Measure Sleep Hours	O	O	X

2.2. 피로도

피로도는 대부분 주관적인 설문조사를 통해서 측정 되어졌다[14]. Krupp 등에 의해 개발된 Fatigue Severity Scale(이하 FSS)는 가장 널리 사용되고 있는 피로 측정 도구 중 하나이다. FSS는 9개 항목으로 구성되어 있으며 지난 1주일 동안 본인의 주관적인 느낌을 기준으로 각각의 문항에 대해 동의하는 정도에 따라 1~7점까지의 점수를 선택할 수 있게 되어 있다[15]. 각각의 항목에 해당하는 점수를 모두 더하여 9로 나눈 평균치를 피로 점수로 하였으며, 점수가 높을수록 피로도가 높은 것으로 평가하였다[15]. 그림 1은 FSS의 설문조사 내용이다[14]. 하지만 지난 1주일 동안의 상태를 바로바로 체크하는 것이 아니기 때문에 사용자의 기억에 따라 피로도가 정확히 측정되지 않을 수 있다. 또한 직접 수기로 작성해야 하기 때문에 불편한 점이 있다. 본 연구에서 제안하는 피로도 측정 시스템은 스마트 워치로 측정하고 스마트폰에서 계산하기 때문에 수기로 작성해야 하는 불편함을 없앴다. 따라서 본 연구에서는 직접 체크하는 불편함을 없애고 자동화하였다.

Read and circle a number.	Strongly Disagree	→	Strongly Agree
1. My motivation is lower when I am fatigued.	1	2	3 4 5 6 7
2. Exercise brings on my fatigue.	1	2	3 4 5 6 7
3. I am easily fatigued.	1	2	3 4 5 6 7
4. Fatigue interferes with my physical functioning.	1	2	3 4 5 6 7
5. Fatigue causes frequent problems for me.	1	2	3 4 5 6 7
6. My fatigue prevents sustained physical functioning.	1	2	3 4 5 6 7
7. Fatigue interferes with carrying out certain duties and responsibilities.	1	2	3 4 5 6 7
8. Fatigue is among my most disabling symptoms.	1	2	3 4 5 6 7
9. Fatigue interferes with my work, family, or social life.	1	2	3 4 5 6 7

Fig. 1 Fatigue Severity Scale

III. 스마트 웨어러블 디바이스 기반 피로도 측정 시스템

3.1. 개발 환경

본 연구에서는 스마트 웨어러블 디바이스 중 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간이 측정 가능한 스마트 워치와 측정한 데이터를 조회 가능한 스마트폰을 적용하였다. 스마트 워치는 Samsung의 'Gear S2'를 이용한다. 본 연구에서는 블루투스 통신이 가능한 Samsung Gear S2를 활용해 안드로이드 기반의 스마트 폰과 연동한다. Gear S2의 블루투스 버전은 4.1이며 무선 랜 802.11 b/g/n 2.4GHz를 이용하여 연결한다. Gear S2의 운영체제는 Tizen 이다. 안드로이드 스마트폰의 운영체제는 안드로이드 7.0 누가버전이다. 개발 툴은 안드로이드 스튜디오를 사용했으며 SDK 버전은 1.2.1을 사용하여 개발한다.

3.2. 시스템 구성

본 연구에서 제안하는 모바일 기반 피로도 측정 시스템은 그림 2와 같이 스마트 워치, 스마트폰으로 구성된다. 사용자는 Gear S2를 착용하고 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간을 측정한다. 스마트폰과 블루투스로 연결하고 측정한 데이터를 보낸다. 스마트폰에서 수집된

데이터를 Health Data Store에 저장하고 에이전트는 심장 박동 수, 걸음 수, 수면시간 데이터를 요청받아 피로도를 계산한다. 에이전트에서는 계산한 피로도 결과에 피로도 인덱스를 적용하여 수치로 나타낸다.

3.3. 피로도 측정 시스템

본 연구에서는 정신적 피로도를 측정하기 위해 스마트 워치를 활용하였다. 피로도를 수치로 나타내어 볼 수 있도록 개발하였다. 스마트 워치에서 걸음 수, 심장 박동 수, 수면시간 데이터를 측정하여 스마트폰에서 데이터를 획득한다. 그리고 스마트 워치에서 측정한 걸음 수, 심장 박동 수, 수면시간 데이터를 지표로 대입하여 피로도를 계산하였다. 또한 피로도를 계산하기 위해서 피로도 인덱스를 만들고 시스템을 개발하였다.

3.4. 피로도 인덱스

피로도 인덱스를 계산하기 위해 대학원생 10명을 대상으로 2017년 3월 18일부터 2017년 6월 05일까지 약 80일 동안 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간을 측정하여 기록하였다. 피험자는 왼손 손목에 스마트 워치를 착용하고 아침, 점심, 저녁 세 번에 걸쳐 심장 박동 수를 측정하여 평균적인 심장 박동 수를 기록하였다. 걸음 수 데이터는 매일 저녁 10시에 그날의 총 걸음 수를 기록하였고 수면 시간 데이터는 자기 전 스마트 워치를 착용하고 일어난 후 수면 시간을 기록하였다. 스마트 워치의 배터리가 10% 이하가 되지 않도록 전용 무선 충전기 도크에 올려놓아 충전하였으며 충전 시간을 제외한 시간에는 스마트 워치를 계속 착용하도록 하였다.

표 2는 2017년 3월 18일부터 2017년 6월 05일까지 측정해 기록한 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간 데이터들 중의 일부를 표시하였다. Heart Rate는 심장 박동 수를 의미하며 Step Count는 걸음 수, Deep Sleep은 깊은 수면 시간, Light Sleep은 얇은 수면 시간을 의미한다. 인덱스는 각각의 데이터에 곱해지는 지수를 의미하며 다중회귀분석으로 분석한 결과 나온 값을 각 인덱스에 반영하였다.

심장 박동 수, 걸음 수, 깊은 수면 시간, 얇은 수면 시간을 독립변수, 피로도를 종속변수로 설정하여 심장 박동 수, 걸음 수, 깊은 수면 시간, 얇은 수면 시간이 피로도에 어떤 영향을 미치는지 파악하고자 다중회귀분석을 실시하였다. 다중회귀분석을 실시한 결과 추정회귀

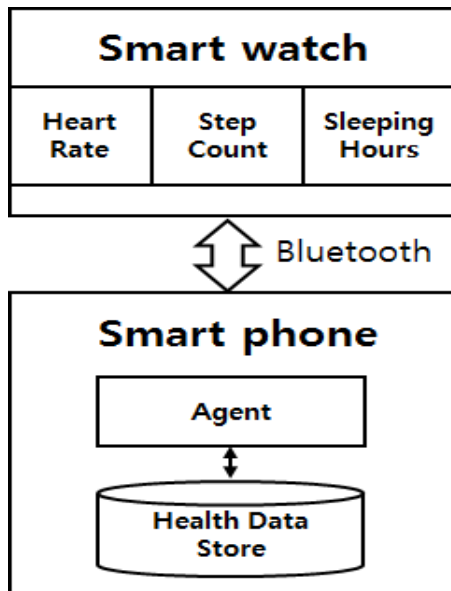


Fig. 2 Structure of fatigue measurement system

Table. 2 Measurement data for calculate fatigue degree

Date	Heart Rate (X1)	Index	Step Count (X2)	Index	Deep Sleep (X3)	Index	Light Sleep (X4)	Index
03. 18	90	0.192	1656	0.008	4	0.35	4	0.45
03. 19	61	0.192	4902	0.008	1.46	0.35	6.12	0.45
03. 20	66	0.192	2287	0.008	3.37	0.35	5.23	0.45
~~~~~								
06. 03	106	0.192	2760	0.008	3.22	0.35	4.54	0.45
06. 04	74	0.192	5406	0.008	4.43	0.35	3.30	0.45
06. 05	86	0.192	7508	0.008	2	0.35	6.32	0.45

식은 아래와 같다.

$$Y = \beta_0 + (\beta_1 \times X1) + (\beta_2 \times X2) + (\beta_3 \times X3) + (\beta_4 \times X4) \quad (1)$$

위 식에서 Y는 피로도를 나타내며 X1,X2,X3,X4는 각각 심장 박동 수, 걸음 수, 깊은 수면 시간, 얇은 수면 시간을 의미한다.  $\beta_0$ 는 Y절편을 나타내고  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 는 회귀계수들을 나타낸다.

**Table. 3** Regression analysis statistic

Regression analysis statistic	
Multiple correlation coefficient	0.961375605
R-squared	0.924243055
Adjust R-squared	0.920148085
Standard error	0.343099737
Number of observation	80

또한 다중회귀분석을 실시한 결과 회귀분석 통계량은 표 3과 같다. 다중 상관계수는 0.961375605이고 표준 오차는 0.343099737, 관측수는 80의 결과값이 도출되었다. R-squared(결정계수)는 회귀모형으로 종속변수의 변동을 어느 정도 설명하는지를 나타내는 지표인데 Adjust R-square(조정된 결정계수)와의 차이가 크면 회귀모형이 불안정하다고 판단한다[16]. 표 3의 회귀분석 통계량에서 R-squared(결정계수) = 0.9242, Adjust R-square(조정된 결정계수) = 0.9201 으로 차이가 매우 적다. 이는 심장 박동 수, 걸음 수, 깊은 수면 시간, 얇은 수면 시간 인자들이 피로도의 변화에 92% 로 설명 가능하다는 것을 의미한다.

측정한 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간 데이터를 수치화하여 피로도 계산식을 설정하였다. 피로도 계산식은 아래와 같다. 피로도 인덱스를 계산하기 위해 사전에 기록한 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간 데이터를 수치화한 식이다.

$$(\alpha \times 0.192) + (\beta \times 0.008) - (\gamma \times 0.35) + (\delta \times 0.45) \quad (2)$$

위 식에서  $\alpha$ 는 심장 박동 수,  $\beta$ 는 걸음 수,  $\gamma$ 는 깊은 수면 시간,  $\delta$ 는 얇은 수면 시간을 의미한다. 지수들의 총 합은 1이다. 심장 박동 수와 걸음 수, 얇은 수면 시간은 낮을수록 좋은 지표이며 깊은 수면 시간은 높을수록 좋은 지표이다. 지표를 식에 대입하여 나온 결과 값에 피로도 인덱스를 적용하여 1부터 5까지 수치로 나타내었다. 아래의 표 4를 통하여 피로도 인덱스를 볼 수 있다. 식 (2)를 이용해 계산한 결과의 범위에 따라 피곤한 정도를 설정하였다. 사전에 기록한 심장 박동 수, 걸음 수, 수면 시간 측정 데이터를 식 (2)에 대입하여 나온 결과가 20 이상 30 이하일 때 전혀 피곤하지 않음, 31 이상 40 이하일 때 약간 피곤하지 않음, 41 이상 60 이하일 때 보통, 61 이상 70 이하일 때 상당히 피곤함, 71 이상일 때 매우 피곤함이다.

**Table. 4** Fatigue Index

Scale	Fatigue Index
20~30	Alert(1)
31~40	Rather alert(2)
41~60	Fatigue(3)
61~70	Rather fatigue(4)
71~	Very fatigue(5)

#### IV. 스마트 웨어러블 디바이스 기반 피로도 측정 시스템 구현

##### 4.1. 스마트 웨어러블 디바이스 기반 피로도 측정 시스템 구현

스마트 웨어러블 디바이스인 스마트 워치를 이용하여 모바일에서 피로도를 측정하는 시스템을 개발하였다. 그림 3은 실제로 스마트 워치를 착용하고 측정한 걸음 수와 심장 박동 수이다. 그림 4는 측정한 수면시간을 보여주는 화면이다. 측정된 데이터는 블루투스로 연결한 스마트폰에서 그림 5와 같이 볼 수 있다.



Fig. 3 Smart watch measurement

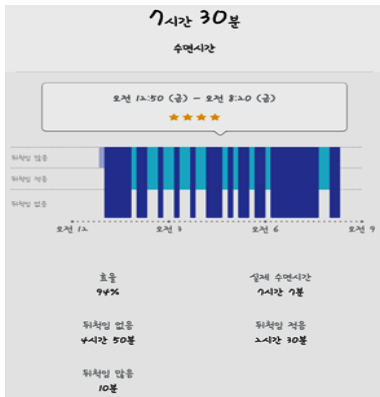


Fig. 4 Sleeping hours measurement

그림 5는 스마트폰 애플리케이션 출력화면을 나타낸 것이다. 데이터 가져오기 버튼을 누르면 걸음 수와 심장 박동 수, 깊은 수면 시간, 얇은 수면 시간 순으로 화면에 보여준다. 깊은 수면 시간은 3시간 22분으로 3.22로 표현하였고 얇은 수면 시간은 4시간 5분으로 4.05로 표현하였다. 그리고 피로도 계산하기 버튼을 누르면 피로도 계산식과 피로도 결과를 화면에 보여준다. 피로도 계산은 식 (2)를 이용해 피로한 정도를 나타낸 것이고

계산한 결과에 피로도 인덱스를 적용하여 피로도는 2 (Rather alert) 의 결과가 나왔다.



Fig. 5 Smart phone application

심장 박동 수를 주기적으로 체크할 수 있게 측정 주기를 알려주는 알람 기능을 그림 6으로 나타내었다. 오전 열시, 오후 3시, 오후 7시에 주기적으로 체크할 수 있도록 하였다.

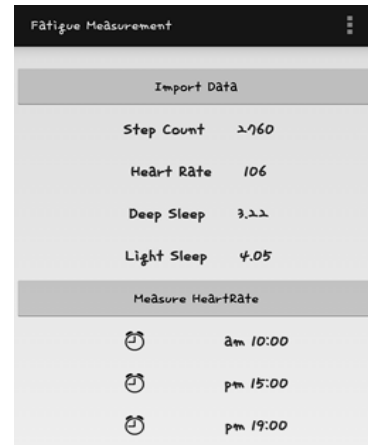


Fig. 6 Heart rate measurement cycle alarm

##### 4.2. 피로도 계산 결과

피로도 측정 결과 한 명당 80개의 데이터가 추출된다. 총 10명의 학생이 피로도를 측정하여 총 800개의 데이터가 있다. 데이터를 분석한 결과를 표 5로 나타내었다. 총 800개의 피로도 측정 결과 중 피로도가 1인 전혀 피곤하지 않은 경우가 9%로 가장 낮았고 피로도가 3인

보통의 경우 37%로 가장 높았다.

**Table. 5** The experiment results

Fatigue Index	User data
Alert(1)	9%
Rather alert(2)	21%
Fatigue(3)	37%
Rather fatigue(4)	22%
Very fatigue(5)	11%

또한 측정된 피로도 계산 결과의 정확성을 검증하기 위해 설문조사 양식을 그림 7과 같이 간단하게 만들어 피로도를 측정할 때마다 설문조사를 실시하여 기록하도록 하였다. 총점은 문항별 점수의 평균으로 계산하며 1~5점 사이의 범위를 갖고 피로가 심할수록 총점이 높다.

Read and circle a number.	Strongly Disagree				Strongly Agree
1. Fatigue hinders physical activity.	1	2	3	4	5
2. Fatigue hinders the performance of tasks or responsibilities.	1	2	3	4	5
3. Fatigue hinders work, family or social life.	1	2	3	4	5
4. When I get tired, I get lazy and sleepy.	1	2	3	4	5
5. After exercising, it becomes fatigued.	1	2	3	4	5
6. Stress causes fatigue.	1	2	3	4	5

**Fig. 7** Fatigue survey

본 연구에서 제안하는 피로도 인덱스의 스케일과 주관 설문조사를 실시한 결과 나온 피로도 인덱스의 스케일을 비교하여 아래 표 6으로 나타내었다. 피로도가 Alert(1)의 경우 주관 설문조사 점수의 범위는 6점부터 10점이다. 이는 설문조사 결과 총점이 가장 낮은 6점부터 10점일 때 전혀 피곤하지 않음을 나타내는 것이다.

**Table. 6** Fatigue index comparative table

	Fatigue Index Scale	Subjective Survey Scale
Alert(1)	20~30	6~10
Rather alert(2)	31~40	11~15
Fatigue(3)	41~60	16~20
Rather fatigue(4)	61~70	21~25
Very fatigue(5)	71~	26~30

설문조사를 실시한 결과로 나온 피로도 인덱스와 본 연구에서 제안하는 피로도 인덱스의 값이 통계적으로 유의한 차이가 있는지 비교검증하기 위해 독립표본 t-검정(t-test)을 실시하였다. 그 결과를 아래 표 7로 나타내었다. Fatigue Index는 본 연구에서 제안하는 피로도 인덱스이고 Subjective Survey는 주관 설문조사 결과 피로도 인덱스이다. P값이 0.012739813으로 유의수준 0.05보다 작으므로 두 인덱스 값은 통계적으로 유의하다는 결과가 나왔다.

**Table. 7** Independent sample t-test

T-test	Fatigue Index	Subjective Survey
Average	3.012658228	3.372152
Number of observation	80	80
P-value	0.012739813	

## V. 결 론

본 연구에서는 스마트 웨어러블 디바이스를 이용한 모바일 기반 사용자 피로도 측정 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 안드로이드 스마트폰을 통해 피로도를 측정하고 개인의 활동량을 모니터링 할 수 있다. 또한 사용자의 업무 효율을 높여주는 효과를 볼 수 있고 건강을 관리하는 방법을 찾는 데 유용할 것이다. 하지만 사용자별로 좀 더 쉽게 관리할 수 있도록 개인화된 히스토리 관리 기능이 추가적으로 필요할 것으로 보인다. 또한 향후 연구에는 측정계를 이용해 좀 더 정확한 데이터로 비교분석이 필요할 것이다.

## REFERENCES

- [ 1 ] S. W. Kim, S. C. Shin, "Development of Mobile Healthcare System Using ECG Measurement," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 8, pp. 2008-2016, Aug. 2014.
- [ 2 ] H. J. Lee, H. S. Oh, "A Study on Wearable Device Products - Focused on the Smart Watch and Smart Band-," *The Society of Korea Illusart*, vol. 18, no. 2, pp. 239-244, Oct.

- 2015.
- [ 3 ] J. Y. Kang, "Study on the Content Design for Wearable Device - Focus on User Centered Wearable Infotainment Design," *Korea Digital Design Council*, vol. 15, no. 3, pp. 325-333, Jul. 2015.
- [ 4 ] RumBing. [Internet]. Available: <http://rumbing.tistory.com/43>.
- [ 5 ] HiDoc. [Internet]. Available: <http://www.hidoc.co.kr/news/healthtoday/item/C0000164967>.
- [ 6 ] Samsung Developers. [Internet]. Available: <http://developer.samsung.com/health>.
- [ 7 ] J. T. Park, H. S. Hwang, J. S. Yun, G. S. Park, I. Y. Moon, "User Motion Recognition Healthcare System Using Smart-Band," *Journal of Advanced Navigation Technology*, vol. 18, no. 6, pp. 619-624, Dec. 2014.
- [ 8 ] 37 smart band. [Internet]. Available: <http://www.37body.co.kr/>.
- [ 9 ] Y. W. Lim, "A Study of the Perceived Attractiveness of Wearable Devices - Focused on the Smartwatch," *Journal of the Korea Society of Digital Industry and Information Management*, vol. 12, no.1, pp.131-141, Mar. 2016.
- [10] Samsung Gear S2. [Internet]. Available: <http://www.samsung.com/sec/gears2/>.
- [11] J. M. Park, J. R. Hwang, H. J. Kim, "Prospects and Analysis of Technological Trend To Smart Glasses Evolution," *Journal of Korea Safety Management & Science*, vol. 15, no. 3, pp. 163-170, Sep. 2013.
- [12] JINS MEME. [Internet]. Available: <https://www.jins-jp.com/jinsmeme/>.
- [13] Bhargavi Nadella, "Eys Detection and Tracking and Eye Gaze Estimation," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, HSST, ISSN : 2508-9080, vol.1, no.2, pp. 25-41, June 2015.
- [14] K. I. Chung, C. H. Song, "Clinical Usefulness of Fatigue Severity Scale for Patients with Fatigue, and Anxiety or Depression," *Korean Journal of Psychosomatic Medicine*, vol. 9, no. 2, pp. 164-173, 2001.
- [15] Y.C. Learmonth, D. Dlugonski, L.A. Pilutti, B.M. Sandroff, R. Klaren, R.W. Motl, "Psychometric properties of the Fatigue Severity Scale and the Modified Fatigue Impact Scale," *Journal of the Neurological Sciences*, vol. 331, no. 15, pp. 102-107, Aug. 2013
- [16] J. B. Yoo, "A Study on the Coefficient of Determination in Linear Regression Models with Multicollinearity," *The Journal of Applied Science Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 123-130, Feb. 1996.



김나연(Na Yeon Kim)

2016년 상명대학교 컴퓨터과학부 학사  
 2016 ~ 현재 상명대학교 모바일소프트웨어학과 석사과정  
 ※관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 웨어러블 디바이스



김동근(Dong Keun Kim)

2003년 : 연세대학교 의료정보 석사  
 2008년 : 연세대학교 생체공학 박사  
 2009년 ~ 현재 : 상명대학교 미래융합공학대학 휴먼지능정보공학과 부교수  
 ※관심분야 : 생체정보공학, 헬스케어, 감성공학, HCI